

BAB VI

PENUTUP

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan serangkaian pengujian yang telah dilakukan terhadap sistem "Rancang Bangun Alat Sortir Buah Tomat dan Jeruk Berdasarkan Tingkat Kematangan dengan Image Processing", maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. **Keberhasilan Integrasi Sistem:** Penulis telah berhasil merancang bangun sebuah prototipe alat sortir otomatis yang mengintegrasikan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dengan sistem mekanik. Alat ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali perangkat keras yang terhubung secara serial dengan komputer, serta menggunakan mekanisme konveyor dan enam unit motor servo sebagai aktuator pemilah.
2. **Kinerja Deteksi Visual (*Computer Vision*):** Implementasi algoritma *Deep Learning* YOLOv8m (Medium) terbukti sangat handal dalam mengenali karakteristik visual buah. Berdasarkan pengujian deteksi objek, sistem mampu membedakan jenis buah (tomat dan jeruk) serta tiga tingkat kematangannya (mentah, mengkal, matang) dengan tingkat akurasi rata-rata mencapai **95%**. Hal ini menunjukkan bahwa model yang dilatih mampu mempelajari fitur warna dan bentuk dengan sangat baik.
3. **Kinerja Pemilahan Fisik:** Pada pengujian sistem secara keseluruhan (*real-time*), alat sortir ini mampu melakukan pemilahan fisik dengan tingkat akurasi

rata-rata sebesar **70%**. Terdapat penurunan kinerja dibandingkan deteksi visualnya yang disebabkan oleh tantangan mekanik, seperti posisi buah yang tidak stabil (menggelinding) di atas konveyor dan fluktuasi kecepatan motor DC yang mempengaruhi presisi waktu (*timing*) eksekusi servo. Kategori buah "Mengkal" menjadi yang paling sulit dipilah karena kemiripan warnanya dengan fase lain.

4. **Fungsionalitas Perangkat Lunak:** Sistem perangkat lunak yang dibangun, mencakup deteksi *real-time*, komunikasi serial, dan antarmuka *Web Dashboard*, berfungsi dengan stabil. Fitur penyimpanan data (*History*) berhasil mencatat 100% data hasil deteksi, memberikan nilai tambah berupa kemampuan *monitoring* dan rekapitulasi data produksi secara digital yang tidak dimiliki oleh sistem manual.

6.2 SARAN

Penelitian ini merupakan langkah awal dalam pengembangan teknologi pertanian cerdas (*Smart Agriculture*) skala prototipe. Mengingat adanya beberapa kendala teknis yang ditemukan selama pengujian, penulis memberikan saran-saran berikut untuk pengembangan selanjutnya agar sistem dapat bekerja lebih optimal:

1. **Perbaiki Pencahayaan (*Lighting*):** Disarankan untuk menambahkan kotak pencahayaan tertutup (*controlled lighting box*) dengan lampu LED yang stabil di area kamera. Hal ini sangat penting untuk menghilangkan bayangan dan pantulan cahaya yang menjadi penyebab utama kesalahan deteksi pada buah kategori "Mengkal" (setengah matang).

2. **Modifikasi Mekanik Konveyor:** Untuk mengatasi masalah buah yang menggelinding atau berubah posisi setelah dideteksi, disarankan menggunakan desain *belt* konveyor yang memiliki sekat, cekungan (*cup*), atau *guide rail* agar posisi buah tetap stabil dan lurus saat menuju lengan servo.
3. **Peningkatan Sistem Kendali Motor:** Penggunaan Motor DC biasa memiliki kelemahan pada kestabilan kecepatan saat beban berubah. Disarankan untuk beralih menggunakan Motor Stepper atau Motor DC dengan *Encoder* (sistem *closed-loop*) agar kecepatan konveyor konstan, sehingga perhitungan waktu tunda (*delay*) untuk pergerakan servo menjadi jauh lebih presisi.
4. **Perluasan Dataset:** Menambahkan variasi data latih dengan kondisi lingkungan yang lebih beragam, sudut pengambilan gambar yang lebih ekstrem, serta varietas buah yang berbeda, guna meningkatkan ketangguhan (*robustness*) model AI saat diterapkan di lingkungan yang tidak ideal.